

⑤1

Int. Cl. 2:

**E 21 D 9/08**

①9 **BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**

**DEUTSCHES**



**PATENTAMT**

**DE 27 45 928 A 1**

①1

# **Offenlegungsschrift 27 45 928**

②1

Aktenzeichen: P 27 45 928.5-24

②2

Anmeldetag: 12. 10. 77

④3

Offenlegungstag: 20. 4. 78

③0

Unionspriorität:

③2 ③3 ③1

13. 10. 76 Japan 121903-76

⑤4

**Bezeichnung:** Steuer-Verfahren und -Vorrichtung für stabilen Vortrieb an der Arbeitsfläche bei Tunnelbau mit einer Tunnelbau- oder Schildvortriebsmaschine

⑦1

**Anmelder:** Hitachi Construction Machinery Co., Ltd., Tokio

⑦4

**Vertreter:** Beetz sen., R., Dipl.-Ing.; Lamprecht, K., Dipl.-Ing.;  
Beetz jun., R., Dr.-Ing.; Heidrich, U., Dipl.-Phys. Dr.jur., Rechtsanwalt;  
Timpe, W., Dr.-Ing.; Siegfried, J., Dipl.-Ing.; Pat.-Anwälte,  
8000 München

⑦2

**Erfinder:** Ono, Kozo, Tsuchiura (Japan)

Prüfungsantrag gem. § 28 b PatG ist gestellt

**DE 27 45 928 A 1**

Ansprüche  
-----

1. Steuer-Verfahren für stabiles Vortreiben an der Arbeitsfläche einer Tunnelbau- oder Schildvortriebsmaschine,
  - mit einem Arbeitsraum zwischen der Arbeitsfläche und einer Trennwand in einem Maschinengestell eines Schildmantels,
  - mit einer Steuereinrichtung zum Steuern der Menge des Ausbruches oder Schlammes, der nach außen vom Arbeitsraum gefördert wird, in dem der Ausbruch oder Schlamm angesammelt ist, und
  - mit einem Schildmantel-Antriebsglied zum Vortreiben des Schildmantels zur und in die Arbeitsfläche,

g e k e n n z e i c h n e t      d u r c h

  - Erfassen der Menge des in der Zeiteinheit von der Arbeitsfläche (48) mit dem Vortreiben des Schildmantels abgebauten Ausbruches oder Schlammes,
  - Erfassen der Menge des in der Zeiteinheit vom Arbeitsraum (30) durch Fördern der Steuereinrichtung geförderten Ausbruches oder Schlammes,
  - Vergleichen der erfaßten Ist-Menge des in der Zeiteinheit abgebauten Ausbruches oder Schlammes mit der erfaßten Ist-Menge des in der Zeiteinheit geförderten Ausbruches oder Schlammes, um ein Ausbruchmengen-Abweichungssignal zu erzeugen, das die durch die Differenz dazwischen gegebene Ausbruchmengen-Abweichung angibt, und
  - Stellen der Menge des abgebauten Ausbruches oder Schlammes und/oder der Menge des geförderten Ausbruches oder Schlammes mit dem Ausbruchmengen-Abweichungssignal, um den Ausbruchdruck im Arbeitsraum (30) in einem vorbestimmten Bereich zu halten, der nicht zu einem Durchbruch des freiliegenden Ausbruches und zu einer Bodenanhebung führt.

2. Verfahren nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß die Menge des in der Zeiteinheit abgebauten Ausbruches oder Schlammes aufgrund der Vortriebsgeschwindigkeit des Schildmantels (10) berechnet wird,  
daß die Steuereinrichtung einen Schneckenförderer (34) hat, und  
daß die Menge des in der Zeiteinheit geförderten Ausbruches oder Schlammes aufgrund der Drehzahl (N) des Schneckenförderers (34) berechnet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß das Erfassen der Menge des in der Zeiteinheit abgebauten Ausbruches oder Schlammes aufweist:  
Erfassen der Vortriebsgeschwindigkeit  $v$  des Schildmantels (10),  
Multiplizieren der erfaßten Ist-Vortriebsgeschwindigkeit  $v$  des Schildmantels (10) mit dessen Querschnittsfläche  $A$ , um das Produkt  $A \cdot v$  zu erhalten, und  
Multiplizieren des Produktes  $A \cdot v$  mit einem ersten Koeffizienten  $\eta_1$  eines vorbestimmten Wertes, um die theoretische Menge  $Q_1$  des in der Zeiteinheit abgebauten Ausbruches oder Schlammes mit  $Q_1 = \eta_1 A v$  zu berechnen, und  
daß das Erfassen der Menge des in der Zeiteinheit geförderten Ausbruches oder Schlammes aufweist:  
Erfassen der Drehzahl (N) des Schneckenförderers (34),  
Multiplizieren der erfaßten Ist-Drehzahl  $N$  des Schneckenförderers (34) mit der theoretischen Menge  $B$  des durch eine Umdrehung des Schneckenförderers (34) geförderten Ausbruches oder Schlammes, um das Produkt  $B \cdot N$  zu erhalten, und  
Multiplizieren des Produktes  $B \cdot N$  mit einem zweiten Koeffizienten  $\eta_2$  eines vorbestimmten Wertes, um

die theoretische Menge  $Q_2$  des in der Zeiteinheit geförderten Ausbruches oder Schlammes mit  $Q_2 = \eta_2^{BN}$  zu berechnen.

4. Verfahren nach Anspruch 3,  
gekennzeichnet durch  
Erfassen des Ausbruchdruckes im Arbeitsraum (30),  
Anzeigen des erfaßten Ist-Ausbruchdruckes, und  
Einstellen des ersten und/oder des zweiten Koeffizienten  $\eta_1$  bzw.  $\eta_2$  aufgrund des angezeigten Ausbruchdruck-Wertes.
  
5. Verfahren nach Anspruch 3,  
gekennzeichnet durch  
Erfassen des Ausbruchdruckes P im Arbeitsraum (30),  
um ein den erfaßten Ist-Ausbruchdruck im Arbeitsraum (30) darstellendes Signal zu erzeugen,  
Vergleichen des erfaßten Ist-Ausbruchdruckes im Arbeitsraum (30), der aus dem Arbeitsraum-Ausbruchdruck-Signal erhalten ist, mit einem Soll-Wert  $P_s$ , der zuvor aufgrund des statischen Ausbruchdruckes an der freiliegenden Fläche bestimmt wurde, um ein Signal zu erzeugen, das die durch den obigen Vergleich erhaltene Ausbruchdruck-Abweichung  $\delta_2$  angibt, und  
Ändern des ersten und/oder des zweiten Koeffizienten  $\eta_1$  bzw.  $\eta_2$  mit dem Pegel des Ausbruchdruck-Abweichungssignales  $\delta_2$ .
  
6. Verfahren nach Anspruch 5,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß die Änderungsgeschwindigkeit des ersten und des zweiten Koeffizienten  $\eta_1$  bzw.  $\eta_2$ , die sich mit dem Pegel des Ausbruchdruck-Abweichungssignales  $\delta_2$  ändern, kleiner als eine vorbestimmte Geschwindigkeit ist.

7. Verfahren nach Anspruch 5,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß das den erfaßten Ist-Ausbruchdruck-Wert  $P$  im  
Arbeitsraum (30) darstellende Signal direkt als das  
Arbeitsraum-Ausbruchdruck-Signal beim Erzeugen des Aus-  
bruchdruck-Signales erzeugt wird.
8. Verfahren nach Anspruch 5,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß beim Erzeugen des Ausbruchdruck-Signales der  
erfaßte Ist-Ausbruchdruck-Wert  $P$  gemittelt wird, um  
einen mittleren Ausbruchdruck-Wert  $P_m$  zu erhalten, und  
daß ein den mittleren Ausbruchdruck-Wert  $P_m$  dar-  
stellendes Signal als das Arbeitsraum-Ausbruchdruck-  
Signal erzeugt wird.
9. Verfahren nach Anspruch 5,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß beim Erzeugen des Ausbruchdruck-Signales vorge-  
sehen sind:  
Mitteln des erfaßten Ist-Ausbruchdruck-Wertes  $P$ , um  
einen mittleren Ausbruchdruck-Wert  $P_m$  zu erhalten, und  
Differenzieren des mittleren Ausbruchdruck-Wertes  
 $P_m$ , um dessen differenzierten Wert  $\frac{dP_m}{dt}$  zu erhalten,  
und  
daß ein  $\frac{dP_m}{dt}$  darstellendes Signal als das Arbeits-  
raum-Ausbruchdruck-Signal erzeugt wird.
10. Verfahren nach Anspruch 5,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß beim Erzeugen des Ausbruchdruck-Signales weiter-  
hin vorgesehen sind:  
Mitteln des erfaßten Ist-Ausbruchdruck-Wertes  $P$ , um  
einen mittleren Ausbruchdruck-Wert  $P_m$  zu erhalten, und

Differenzieren des mittleren Ausbruchdruck-Wertes  $P_m$ ,  
um dessen differenzierten Wert  $\frac{dP_m}{dt}$  zu erhalten, und  
daß ein die Summe  $P_m + \frac{dP_m}{dt}$  darstellendes Signal  
als das Arbeitsraum-Ausbruchdruck-Signal erzeugt wird.

11. Verfahren nach Anspruch 3 oder 5,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß sich der erste Koeffizient  $\eta_1$  auf das Volumen  
des abgebauten Ausbruches oder Schlammes bezieht und den  
Wert 1,0 hat, wenn der von der Arbeitsfläche (48) abgebaut  
te Ausbruch oder Schlamm seinen früheren Zustand in der  
freiliegenden Fläche beibehält, und  
daß der zweite Koeffizient  $\eta_2$  gleich dem Ausbruch-  
Förder-Wirkungsgrad  $\eta$  des Schneckenförderers (34) ge-  
wählt ist, der sich mit der Bodenart ändert.
12. Verfahren nach Anspruch 3 oder 5,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß der erste Koeffizient  $\eta_1$  sich auf das Volumen  
des abgebauten Ausbruches oder Schlammes bezieht und  
gleich dem Schwellfaktor  $f_s$  ( $f_s \geq 1,0$ ) des von der frei-  
liegenden Fläche in die Atmosphäre freigesetzten Ausbru-  
ches oder Schlammes gewählt wird, und  
daß der zweite Koeffizient  $\eta_2$  gleich  $f_s \eta$  gewählt  
ist, mit  
 $\eta$  = Ausbruch-Förder-Wirkungsgrad des Schnecken-  
förderers (34), der sich mit der Bodenart ändert.
13. Verfahren nach Anspruch 1 oder 5,  
gekennzeichnet durch  
Vergleichen der Ausbruchmengen-Abweichung mit  
einem vorbestimmten Soll-Wert,  
um ein Steuersignal zu erzeugen, das das Ergebnis  
des Vergleiches angibt, wodurch die Menge des abgebauten  
Ausbruches und/oder die Menge des geförderten Ausbruches  
einstellbar ist.

14. Verfahren nach Anspruch 3 oder 5,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß die Ausbruchsmengen-Abweichung  $\delta_1$  gegeben ist durch:

$$\delta_1 = Q_1 - Q_2,$$

und

daß weiterhin vorgesehen sind:

Vergleichen von  $\delta_1$  mit einem Soll-Wert  $\delta_0$  ( $\delta_0 > 0$ ),  
um ein Steuersignal zu erzeugen, das das Vergleichsergebnis  
darstellt, wodurch die Menge des abgebauten Ausbruches und/  
oder die Menge des geförderteten Ausbruches steuerbar ist.

15. Verfahren nach Anspruch 14,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß das Steuersignal so gewählt ist,  
daß die Drehzahl N des Schneckenförderers (34) konstant  
gehalten wird, wenn  $\delta_1$  die Beziehung

$$-\delta_0 < \delta_1 < \delta_0$$

erfüllt,

daß die Drehzahl N erhöht wird, wenn  $\delta_1$  die Beziehung

$$\delta_1 \geq \delta_0$$

erfüllt, und

daß die Drehzahl N verringert wird, wenn  $\delta_1$  die Beziehung

$$\delta_1 \leq -\delta_0$$

erfüllt.

16. Verfahren nach Anspruch 14,  
dadurch gekennzeichnet,

809816/0798

daß das Steuersignal so gewählt ist,  
 daß die Vortriebsgeschwindigkeit  $v$  des Schildmantels  
 (10) konstant gehalten wird, wenn  $\delta_1$  die Beziehung

$$- \delta_0 < \delta_1 < \delta_0$$

erfüllt,

daß die Vortriebsgeschwindigkeit  $v$  verringert wird,  
 wenn  $\delta_1$  die Beziehung

$$\delta_1 \geq \delta_0$$

erfüllt, und

daß die Vortriebsgeschwindigkeit  $v$  erhöht wird, wenn  
 $\delta_1$  die Beziehung

$$\delta_1 \leq -\delta_0$$

erfüllt.

17. Verfahren nach Anspruch 5,  
 gekennzeichnet durch  
 Ansprechen durch das Arbeitsraum-Ausbruchdrucksignal  
 auf einen anormalen Wert des Ausbruchdruckes im Arbeits-  
 raum (30) zur Steuerung der Schildvortriebsmaschine.
18. Steuer-Vorrichtung für stabiles Vortreiben an der  
 Arbeitsfläche in einer Tunnelbau- oder Schildvortriebs-  
 maschine,  
 mit einem Arbeitsraum zwischen der Arbeitsfläche  
 und einer Trennwand in einem Maschinengestell eines  
 Schildmantels,



mit einer Steuereinrichtung zum Steuern der Menge des Ausbruches oder des Schlammes, der nach außen vom Arbeitsraum gefördert ist, in dem der Ausbruch oder Schlamm angesammelt ist, und

mit einem Antriebsglied zum Vortreiben des Schildmantels zur und in die Arbeitsfläche,

g e k e n n z e i c h n e t d u r c h

einen ersten Fühler zum Erfassen der Menge des in der Zeiteinheit von der Arbeitsfläche (48) mit dem Vortreiben des Schildmantels (10) abgebauten Ausbruches oder Schlammes,

einen zweiten Fühler zum Erfassen der Menge des in der Zeiteinheit vom Arbeitsraum (30) durch das Fördern der Steuereinrichtung geförderten Ausbruches oder Schlammes,

einen Vergleicher zum Vergleichen der erfaßten Ist-Menge des in der Zeiteinheit abgebauten Ausbruches oder Schlammes mit der erfaßten Ist-Menge des in der Zeiteinheit geförderten Ausbruches oder Schlammes, um ein Signal zu erzeugen, das die durch die Differenz dazwischen angegebene Ausbruchmengen-Abweichung darstellt, und

einen Steller zum Einstellen der Steuereinrichtung und/oder des Antriebsgliedes abhängig vom Ausbruchmengen-Abweichungssignal, um die Menge des abgebauten Ausbruches und/oder die Menge des geförderten Ausbruches zu ändern, wodurch der Ausbruchdruck im Arbeitsraum (30) in einem vorbestimmten Bereich gehalten ist, der nicht zu einem Durchbruch der freiliegenden Fläche und zu einer Boden-anhebung führt.

19. Vorrichtung nach Anspruch 18,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß der erste Fühler aufweist:

ein Fühlerglied (56) zum Erfassen der Vortriebsgeschwindigkeit des Schildmantels (10),

ein erstes Koeffizient-Stellglied (68) zum Einstellen eines ersten Koeffizienten bezüglich des Volumens des abgebauten Ausbruches oder Schlammes, und

einen ersten Multiplizierer (60) zum Multiplizieren des Produktes aus der erfaßten Ist-Vortriebsgeschwindigkeit des Schildmantels (10) und der Querschnittsfläche des Schildmantels (10) mit dem ersten Koeffizienten, um die Menge des in der Zeiteinheit abgebauten Ausbruches oder Schlammes zu berechnen, und

daß der zweite Fühler aufweist:

ein Fühlerglied (58) zum Erfassen der Drehzahl des Schneckenförderers (34) in der Steuereinrichtung,

ein zweites Koeffizient-Stellglied (70) zum Einstellen eines zweiten Koeffizienten entsprechend dem Ausbruch-Förder-Wirkungsgrad des Schneckenförderers (34), der sich mit der Bodenart ändert, und

einen zweiten Multiplizierer (62) zum Multiplizieren des Produktes aus der erfaßten Ist-Drehzahl des Schneckenförderers (34) und der theoretischen Menge des durch eine Umdrehung des Schneckenförderers (34) geförderten Ausbruches oder Schlammes mit dem zweiten Koeffizienten, um die Menge des in der Zeiteinheit geförderten Ausbruches oder Schlammes zu berechnen.

20. Vorrichtung nach Anspruch 19,

dadurch gekennzeichnet,

daß der sich auf das Volumen des abgebauten Ausbruches oder Schlammes beziehende erste Koeffizient den Wert 1,0 hat, wenn der von der Arbeitsfläche (48) abgebaute Ausbruch oder Schlamm seinen früheren Zustand in der freiliegenden Fläche beibehält, und

daß der zweite Koeffizient gleich dem Ausbruch-Förder-Wirkungsgrad des Schneckenförderers (34) gewählt ist, der sich mit der Bodenart ändert.

21. Vorrichtung nach Anspruch 19,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß der sich auf das Volumen des abgebauten Ausbruches oder Schlammes beziehende erste Koeffizient gleich dem Schwellfaktor ( $f_s$ ) des von der freiliegenden Fläche in die Atmosphäre freigesetzten Ausbruches oder Schlammes gewählt ist, und  
daß der zweite Koeffizient gleich dem Produkt aus dem Schwellfaktor ( $f_s$ ) und dem Ausbruch-Förder-Wirkungsgrad des Schneckenförderers (34) gewählt ist, der sich mit der Bodenart ändert.
22. Vorrichtung nach Anspruch 19,  
gekennzeichnet durch  
ein Fühlerglied (79) zum Erfassen des Ausbruchdruckes im Arbeitsraum (30) und zum Anzeigen des erfaßten Ist-Ausbruchdruckes.
23. Vorrichtung nach Anspruch 19,  
gekennzeichnet durch  
ein Analog-Sichtgerät und/oder ein Digital-Sichtgerät zum Anzeigen der Menge des in der Zeiteinheit geförderten Ausbruches oder Schlammes und/oder der Menge des in der Zeiteinheit abgebauten Ausbruches oder Schlammes.
24. Vorrichtung nach Anspruch 19,  
gekennzeichnet durch  
ein Fühlerglied zum Erfassen des Ausbruchdruckes im Arbeitsraum (30), um ein den Ausbruchdruck darstellendes Signal zu erzeugen, und  
einen Ausbruchdruck-Abweichungs-Rechner (84) zum Vergleichen des durch das Signal erzeugten Ist-Arbeitsraum-Ausbruchdruckes mit einem vorbestimmten Soll-Wert, um ein Signal zu erzeugen, das die durch den Vergleich erhaltene Ausbruchdruck-Abweichung angibt,

wobei das Ausbruchdruck-Abweichungssignal an das erste und/oder das zweite Koeffizient-Stellglied (68, 70) abgegeben wird, wodurch der erste und/oder der zweite Koeffizient abhängig vom Ausbruchdruck-Abweichungssignal einstellbar ist.

25. Vorrichtung nach Anspruch 24,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß der erste Koeffizient, der sich auf das Volumen des abgebauten Ausbruches oder Schlammes bezieht, den Wert 1,0 hat, wenn der von der Arbeitsfläche (48) abgebaute Ausbruch oder Schlamm seinen früheren Wert in der freiliegenden Fläche beibehält, und  
daß der zweite Koeffizient entsprechend dem Ausbruchdruck-Abweichungssignal eingestellt ist.
26. Vorrichtung nach Anspruch 24,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß der erste Koeffizient, der sich auf das Volumen des abgebauten Ausbruches oder Schlammes bezieht, gleich dem Schwellfaktor ( $f_s$ ) des von der freiliegenden Fläche in die Atmosphäre freigesetzten Ausbruches gewählt ist, und  
daß der zweite Koeffizient entsprechend dem Ausbruchdruck-Abweichungssignal eingestellt ist.
27. Vorrichtung nach Anspruch 19 oder 24,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß der Steller aufweist:  
einen Regelabweichungs-Rechner (74) zum Vergleichen der Ausbruchmengen-Abweichung  $\delta_1$  mit einem vorbestimmten Soll-Wert  $\delta_0$ , um ein erstes Stellsignal zu erzeugen, das das Vergleichsergebnis darstellt, und

eine Stellsignal-Verbindungseinrichtung zum Verbinden des ersten Stellsignales mit der Steuereinrichtung und/oder dem Antriebsglied.

28. Vorrichtung nach Anspruch 27,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß das als das Vergleichsergebnis zwischen der Ausbruchmengen-Abweichung  $\delta_1$  und dem Soll-Wert  $\delta_0$  im Regelabweichungs-Rechner (74) erzeugte erste Stellsignal so gewählt ist,  
daß die Drehzahl des Schneckenförderers (34) konstant bleibt, wenn  $\delta_1$  die Beziehung

$$- \delta_0 < \delta_1 < \delta_0$$

erfüllt,

daß die Drehzahl zunimmt, wenn  $\delta_1$  die Beziehung

$$\delta_1 \geq \delta_0$$

erfüllt, und

daß die Drehzahl abnimmt, wenn  $\delta_1$  die Beziehung

$$\delta_1 \leq - \delta_0$$

erfüllt.

29. Vorrichtung nach Anspruch 27,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß das als das Vergleichsergebnis zwischen der Ausbruchmengen-Abweichung  $\delta_1$  und dem Soll-Wert  $\delta_0$  im Regelabweichungs-Rechner (74) erzeugte erste Stellsignal

so gewählt ist,

daß die Vortriebsgeschwindigkeit des Schildmantels  
(10) konstant gehalten ist, wenn  $\delta_1$  die Beziehung

$$- \delta_0 < \delta_1 < \delta_0$$

erfüllt,

daß die Vortriebsgeschwindigkeit abnimmt, wenn  $\delta_1$   
die Beziehung

$$\delta_1 \geq \delta_0$$

erfüllt, und

daß die Vortriebsgeschwindigkeit zunimmt, wenn  $\delta_1$   
die Beziehung

$$\delta_1 \leq -\delta_0$$

erfüllt.

30. Vorrichtung nach Anspruch 27,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß die Stellsignal-Verbindungseinrichtung aufweist:  
einen Automat/Hand-Umschalter (76),  
mit einem Eingang für das erste Stellsignal und  
mit einem weiteren Eingang für das zweite Stell-  
signal, die von außen für Hand-Steuerung der Steuer-  
einrichtung und/oder des Antriebsgliedes anliegen, und  
mit einem Ausgang zum Erzeugen des ersten Stell-  
signales oder des zweiten Stellsignales abhängig von  
einem von außen eingespeisten Automat/Hand-Schaltsignal,  
und

eine Einrichtung zum Verbinden des Ausganges des Automat/Hand-Umschalters (76) mit der Steuereinrichtung und/oder dem Antriebsglied.

31. Vorrichtung nach Anspruch 24,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß das Arbeitsraum-Ausbruchdruck-Fühlerglied wenigstens einen Ausbruchdruck-Messer im Arbeitsraum (30) hat, um ein Ausgangssignal als das Arbeitsraum-Ausbruchdruck-Signal zu erzeugen.
32. Vorrichtung nach Anspruch 24,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß das Arbeitsraum-Ausbruchdruck-Fühlerglied wenigstens einen Ausbruchdruck-Detektor im Arbeitsraum (30) und eine Mittelwert-Einrichtung (82) zum Mitteln des Ausgangssignales des Ausbruchdruck-Detektors hat, um ein Ausgangssignal zu erzeugen, das den Mittelwert des Ist-Ausbruchdruckes im Arbeitsraum (30) darstellt und als das Arbeitsraum-Ausbruchdruck-Signal abgegeben wird.
33. Vorrichtung nach Anspruch 24,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß das Arbeitsraum-Ausbruchdruck-Fühlerglied aufweist:  
wenigstens einen Ausbruchdruck-Detektor im Arbeitsraum (30),  
eine Mittelwert-Einrichtung (82) zum Mitteln des Ausgangssignales des Ausbruchdruck-Detektors, um ein Ausgangssignal zu erzeugen, das den Mittelwert des Ist-Ausbruchdruckes im Arbeitsraum (30) darstellt, und  
einen Differenzierer zum Differenzieren des Ausgangssignales der Mittelwert-Einrichtung (82) nach der Zeit, um ein Ausgangssignal zu erzeugen, das den differenzierten Wert des Mittelwertes des Ist-Ausbruchdruckes im Arbeitsraum (30) darstellt und als das Arbeitsraum-Ausbruchdruck-Signal abgegeben wird.

34. Vorrichtung nach Anspruch 24,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß das Arbeitsraum-Ausbruchdruck-Fühlerglied auf-  
weist:  
    wenigstens einen Ausbruchdruck-Detektor im Arbeits-  
raum (30),  
    eine Mittelwert-Einrichtung (82) zum Mitteln des  
Ausgangssignales des Ausbruchdruck-Detektors, um ein  
Ausgangssignal zu erzeugen, das den Mittelwert des Ist-  
Ausbruchdruckes im Arbeitsraum (30) darstellt,  
    einen Differenzierer zum Differenzieren des Ausgangs-  
signales der Mittelwert-Einrichtung (82) nach der Zeit,  
um ein Ausgangssignal zu erzeugen, das den differenzier-  
ten Wert des Mittelwertes des Ist-Ausbruchdruckes im  
Arbeitsraum (30) darstellt, und  
    einen Addierer zum Addieren des Ausgangssignales  
der Mittelwert-Einrichtung (82) und des Ausgangssignales  
des Differenzierers, um ein die Summe darstellendes  
Ausgangssignal zu erzeugen, das als das Arbeitsraum-  
Ausbruchdruck-Signal abgegeben wird.
35. Vorrichtung nach Anspruch 24,  
gekennzeichnet durch  
    einen Fühler (86) für anormalen Zustand, der  
auf das Ausgangssignal des Arbeitsraum-Ausbruchdruck-  
Fühlergliedes anspricht, um ein Signal für anormalen  
Ausbruchdruck zu erzeugen, wenn der Ist-Ausbruchdruck  
im Arbeitsraum (30) einen anormalen Wert anzeigt,  
    wobei der Steller auf das Signal für anormalen  
Ausbruchdruck anspricht, so daß die Steuereinrichtung  
und/oder das Antriebsglied entsprechend dem anormalen  
Zustand steuerbar ist.
36. Vorrichtung nach Anspruch 24,  
dadurch gekennzeichnet,



daß die Änderungsgeschwindigkeit des ersten und des zweiten Koeffizienten, die sich mit dem Pegel des Ausbruchdruck-Abweichungssignales ändern, kleiner als eine vorbestimmte Geschwindigkeit ist.

37. Vorrichtung nach Anspruch 24,  
gekennzeichnet durch  
ein Analog-Sichtgerät und/oder ein Digital-Sicht-  
gerät zur Anzeige der Menge des in der Zeiteinheit ge-  
förderten Ausbruches oder Schlammes und/oder der Menge  
des in der Zeiteinheit abgebauten Ausbruches oder  
Schlammes.

**BEETZ-LAMPRECHT-BEETZ**  
8000 München 22 - Steinsdorfstr. 10  
TELEFON (089) 22 72 01 - 22 72 44 - 29 89 10  
Telex 822048 - Telegramm Allpatent München

17

2745928  
**PATENTANWÄLTE**  
Dipl.-Ing. K. BEETZ  
Dipl.-Ing. K. LAMPRECHT  
Dr.-Ing. R. BEETZ Jr.  
Dipl.-Phys. U. HEIDRICH  
auch Rechtsanwalt  
Dr.-Ing. W. TIMPE  
Dipl.-Ing. J. SIEGFRIED

81-27.402P(27.403H)

12. Okt. 1977

HITACHI CONSTRUCTION MACHINERY CO., LTD., Tokyo, Japan  
-----

**Steuer-Verfahren und -Vorrichtung für stabilen  
Vortrieb an der Arbeitsfläche bei Tunnelbau mit  
einer Tunnelbau- oder Schildvortriebsmaschine**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Steuern des Ausbruchsdrucks beim Tunnelbau in insbesondere so weichem Gestein (bzw. Boden), daß dieses leicht durchbricht, und aus dem Wasser aussickert.

Die Erfindung sieht also ein Steuer-Verfahren und eine Steuer-Vorrichtung für stabilen Vortrieb an der Arbeitsfläche einer Tunnelbau- oder Schildvortriebsmaschine vor,

mit einer Arbeitskammer zwischen der Arbeitsfläche und einer Trennwand in einem Maschinengestell eines

81-(A 2573-03)-KoE

809816/0788

Schildmantels,

mit einer Steuereinrichtung zum Steuern der Menge von Ausbruch oder Schlamm, der aus der Schildvortriebsmaschine von der Arbeitskammer gefördert wird, in der der Ausbruch angesammelt ist, und

mit einem Antriebsglied zum Vortreiben des Schildmantels zur und in die Arbeitsfläche,

bei dem die Menge des von der Arbeitsfläche ausgebrochenen oder abgetragenen Ausbruches oder Schlammes in der Zeiteinheit und die Menge des aus der Arbeitskammer in der Zeiteinheit geförderten Ausbruches oder Schlammes erfaßt werden,

bei dem diese beiden erfaßten Ist-Werte verglichen werden, um ein Ausbruchmengen-~~Abweichungs~~signal zu erzeugen, das die Differenz dazwischen angibt, und

bei dem die Menge des geförderten Ausbruches oder Schlammes und/oder die Menge des abgebauten Ausbruches oder Schlammes abhängig vom Ausbruchmengen-Abweichungssignal verstellt werden,

um den Ausbruchdruck im Arbeitsraum in einem vorbestimmten Bereich zu halten,

wodurch ein stabiler Tunnelbau ohne Durchbruch der freiliegenden Fläche oder Ausbruchablagerung und Bodenanhhebung gewährleistet wird.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1A eine schematische Vorderansicht lediglich des linken Teiles einer Schildfräser-Tunnelbaumaschine, für die die Erfindung vorgesehen ist,

Fig. 1B einen schematischen axialen Schnitt der in Fig. 1A gezeigten Maschine,

- Fig. 2A eine schematische Vorderansicht lediglich des linken Teiles einer anderen Schildfräser-Tunnelbaumaschine, für die die Erfindung ebenfalls vorgesehen ist,
- Fig. 2B einen schematischen axialen Schnitt der in Fig. 2A gezeigten Maschine,
- Fig. 3 ein Blockschaltbild eines Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Steuer-Vorrichtung, die einen stabilen Vortrieb an der Arbeitsfläche gewährleistet, und
- Fig. 4 ein Blockschaltbild eines weiteren Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Steuer-Vorrichtung, die einen stabilen Vortrieb an der Arbeitsfläche gewährleistet.

Die Bedeutung des Tunnelbaus in weichem Boden steigt ständig, was in erster Linie auf den Bau von Kanalisationssystemen in Städten zurückgeht. Für diesen Tunnelbau gibt es den sogenannten Ausbruchdruck-Schildvortrieb und den sogenannten Schlammversatz-Schildvortrieb. Diese Schildvortriebe werden im folgenden anhand der Zeichnung kurz erläutert, in der einander entsprechende Teile mit den gleichen Bezugszeichen versehen sind.

Fig. 1A und 1B zeigen eine Schildfräser-Tunnelbaumaschine oder -Schildvortriebsmaschine, die zum Bau eines Tunnels durch den Ausbruchdruck-Schildvortrieb verwendbar ist.

Fig. 1A ist eine schematische Vorderansicht der Schildvortriebsmaschine ohne deren rechten Teile, und Fig. 1B ist ein schematischer axialer Schnitt der in Fig. 1A gezeigten Maschine.

In den Fig. 1A und 1B liegt ein Schildfräser 12 am vorderen Ende eines zylinderförmigen Schildmantels 10. Der Schildfräser 12 wird durch einen Hydromotor 18 über eine Welle 14 und ein Getriebe 16 in Drehung versetzt. Der Schildfräser 12 besteht aus einer Nabe 20, einer mit Segmenten versehenen Frontplatte 22, die fest mit der Nabe 20 verbunden ist, um einen Durchbruch der freiliegenden Fläche zu vermeiden, mehreren Flügeln 24, die sich von der Nabe 20 radial nach außen erstrecken, und mehreren Messerzähnen 26, die radial ausgerichtet auf der Frontfläche der Flügel 24 angebracht sind. Eine Trenn- oder Zwischenwand 28 ist im Maschinengestell unmittelbar hinter dem Schildfräser 12 vorgesehen, und ein Arbeitsraum 30 liegt zwischen dem Schildfräser 12 und der Trennwand 28. Ein Schneckenförderer 34 wird durch einen Hydromotor 32 angetrieben, wobei sein vorderes offenes Ende in den Arbeitsraum 30 eingeführt ist. Eine Schiebepatte 36 dient zum Entladen des durch den Schneckenförderer 34 geförderten Ausbruches ~~aus dem~~ und ist mittels einer Hydropresse 38 geöffnet und geschlossen. Ein Druckring 40 liegt auf dem Umfang des Maschinengestelles des Schildmantels 10, um zur und in eine Arbeitsfläche 48 mittels Schildpressen 44 getrieben oder angesteuert zu werden, von denen jede an einem Ende durch einen ausbruchzurückhaltenden Beton-Tübbing 42 gelagert ist.

Beim Tunnelbau mit der oben erläuterten Schildvortriebsmaschine wird der Schildfräser 12 durch den Hydromotor 18 in Drehung versetzt, um Ausbruch oder

809818/0788

Schlamm von der Arbeitsfläche 48 mit seinen Messerzähnen 26 abzubauen. Der abgebaute Ausbruch oder Schlamm wird bei der Arbeitsfläche 48 und im Arbeitsraum 30 gesammelt und dann vom Arbeitsraum 30 in den Schildmantel 10 mittels des Schneckenförderers 34 gefördert. Der Ausbruch wird anschließend von der Schiebeplatte 36 entladen, um nach außen durch eine Transporteinrichtung, wie z. B. einen Förderwagen, transportiert zu werden. Mit dem Bohren an der Arbeitsfläche 48 fährt der Schildmantel 10 vor, wenn der Druckring 40 in die Arbeitsfläche 48 durch die von den Schildpressen 44 einwirkende Kraft getrieben wird. Geschicklichkeit und Erfahrung des Bedieners sind im allgemeinen erforderlich, um einen Durchbruch der freiliegenden Fläche oder eine Ausbruchablagerung und eine Bodenanhebung zu verhindern. Der Bediener vermeidet eine derartige unangenehme Situation durch Steuern des hydraulischen Druckes der Schildpressen 44, die den Druckring 40 antreiben, oder des hydraulischen Druckes des Motors 18, der den Schildfräser 12 antreibt, oder er erfaßt einen ungewöhnlichen Zustand der freiliegenden Fläche durch großes Vergleichen der Menge des abgebauten Ausbruches mit der Menge des geförderten Ausbruches. Die Frontplatte 22 im Schildfräser 12 verhindert auch mechanisch einen Durchbruch der freiliegenden Fläche. Weiterhin sind in einer Tunnelbaumaschine (vgl. JA-OS 51-732, 1976 und Fig. 2A und 2B) Rührflügel 50 im Arbeitsraum 30 vorgesehen, um den sich im Arbeitsraum 30 sammelnden Ausbruch zu rühren. Beim Beispiel der Fig. 2A und 2B wird ein geeignetes Bodenart-Zusatzmaterial, wie z. B. eine wäßrige Lösung von Bentonit, in den Arbeitsraum 30 eingespritzt, um den gewonnenen Ausbruch in Schlamm hoher Viskosität zu überführen, so daß der Ausbruchdruck dieses Schlammes dazu dienen kann, einen Durchbruch der freiliegenden Fläche zu verhindern. Bei der in den Fig. 2A und 2B dargestellten Schildvortriebsmaschine kann die Front-

platte 22 der Fig. 1A und 1B weggelassen werden. Jedoch sind hervorragende Geschicklichkeit und reiche Erfahrung des Bedieners erforderlich, da er die Schildvortriebsmaschine an einer Stelle bedient, in der er überhaupt nicht den Zustand der Arbeitsfläche beobachten kann.

Im folgenden wird das Prinzip des Schlammversatz-Schildvortriebs näher erläutert. Bei diesem Schildvortrieb wird Schlamm zur Arbeitsfläche 48 und in den Arbeitsraum 30 in den Fig. 1A bis 2B durch ein Schlamm-Zufuhrrohr von einer Schlamm-Zubereitungsanlage oder dgl. auf dem Boden gespeist, um den Bearbeitungsraum mit Schlamm zu füllen, und der Druck des Schlammes wird in einem vorbestimmten oder Soll-Bereich gehalten, um einen Durchbruch der freiliegenden Fläche und Aussickern des Schlammes von der freiliegenden Fläche zu verhindern. Jedoch genügt der Schlammdruck allein nicht vollständig für die gewünschte Verhinderung eines Durchbruches der freiliegenden Fläche, und auch die Frontplatte 22 im Schildfräser 12 wird dazu verwendet, einen Durchbruch der freiliegenden Fläche zu vermeiden. Dieser Schlammversatz-Schildvortrieb ist für den Tunnelbau in weichem Gestein bzw. Boden geeignet; er benötigt jedoch verschiedene automatische Steuerglieder einschließlich eines automatischen Schlammdruck-Steuergliedes zusätzlich zur Schlamm-Zubereitungsanlage mit Rohren, Pumpen und einem Absetsbecken zum Einspeisen von Schlamm in die Schildvortriebsmaschine und zum Entladen von Schlamm aus dieser. Daher ist dieser Schildvortrieb wegen des Einsatzes der automatischen Steuerglieder und des großen Raumbedarfs der Schlamm-Zubereitungsanlage sehr aufwendig.

Es ist daher Aufgabe der Erfindung, ein Steuer-Verfahren und eine Steuer-Vorrichtung für stabilen Vortrieb an der Arbeitsfläche beim Tunnelbau mit einer Tunnelbau- oder Schildvortriebsmaschine ohne die Mängel des herkömmlichen Ausbruchdruck- und Schlammversatz-Schildvortriebs anzugeben, wobei stabil Ausbruch von der Arbeitsfläche ohne Durchbruch der freiliegenden Fläche und ohne Boden-anhebung bei geringerem Aufwand als beim herkömmlichen Schlammversatz-Schildvortrieb abgebaut werden kann.

Bei der Erfindung wird die Menge des vom Arbeitsraum in der Zeiteinheit geförderten Ausbruches oder Schlammes gleich der Menge des von der Arbeitsfläche in der Zeiteinheit abgebauten Ausbruches oder Schlammes gehalten, um den Ausbruchdruck im Arbeitsraum des Schildmantels in einem vorbestimmten Bereich zu halten, wodurch stabiles Vortreiben oder Bohren an der Arbeitsfläche gewährleistet wird.

Die Erfindung ermöglicht einen sicheren und einfachen Tunnelbau, bei dem sofort automatisch der Antrieb des Schneckenförderers unterbrochen wird, wenn ein Unfall eintritt, wie z. B. ein unübliches oder gefährliches Ausströmen einer überschüssigen Menge an Ausbruch oder Schlamm von der Arbeitsfläche in den Schildmantel.

Bei der Erfindung wird weiterhin die Menge des von der Arbeitsfläche durch den Schildfräser abgebauten Ausbruches oder Schlammes oder die Menge des vom Arbeitsraum durch den Schneckenförderer geförderten Ausbruches oder Schlammes in ein elektrisches Signal umgewandelt, um auf einem Sichtgerät, wie z. B. einem Meßgerät, angezeigt zu werden, so daß die Menge des durch die Schildvortriebsmaschine gewonnenen Ausbruches zweckmäßig steuerbar ist.



Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird im folgenden anhand der Fig. 1A, 1B, 2A, 2B und 3 näher erläutert. Fig. 3 zeigt verschiedene Eigenschaften für stabiles Vortreiben an der Arbeitsfläche beim Tunnelbau mit den in Fig. 1A, 1B, 2A und 2B dargestellten Schildvortriebsmaschinen sowie ein Ausführungsbeispiel der Steuer-Vorrichtung für die erfindungsgemäße Steuerung. Zum besseren Verständnis der Erfindung werden zunächst numerische Ausdrücke dieser Eigenschaften erläutert.

Ein Signal zum Steuern der Durchflußmenge des die Schildpressen 44 antreibenden Druckfluids wird von außen an ein Schildpressen-Antriebsglied 52 in Fig. 3 durch z. B. Hand-Betrieb durch den Bediener eingegeben. Dieses Steuersignal bestimmt das Ausgangssignal des Schildpressen-Antriebsgliedes 52. Dieses Ausgangssignal dient zur Steuerung z. B. der abgegebenen Menge einer (nicht dargestellten) Hydropumpe, zu der die mehreren Schildpressen 44 parallel vorgesehen sind. Die Anzahl  $n$  der arbeitenden Schildpressen 44 und die Vortriebsgeschwindigkeit der Schildpressen-Zylinder werden ebenfalls von außen bestimmt. Damit ist die Schild-Vortriebsgeschwindigkeit oder Bohrgeschwindigkeit  $v$  des Schildmantels 10 festgelegt.

Die Menge  $V_1$  des von der Arbeitsfläche mit Vortreiben des Schildmantels 10 abgebauten Ausbruches ist gegeben durch:

$$V_1 = A \int v \, dt \quad (1)$$

mit  $A$  = Querschnittsfläche des Schildmantels 10. Unter "Menge des von der Arbeitsfläche mit Vortreiben des Schildmantels abgebauten Ausbruches" wird verstanden, daß die Menge des ausgehöhlten oder gewonnenen Ausbruches

dem während der obigen Integrationszeit durch den Schildmantel 10 vorgetriebenen Volumen entspricht.

Ein Ausgangssignal entsprechend einem Eingangssignal wird von einem Schneckenförderer-Antriebsglied 54 in Fig. 3 abgegeben. Dieses Ausgangssignal wird in den Hydromotor 32 gespeist, der den Schneckenförderer 34 antreibt, um die Drehzahl  $N$  des Schneckenförderers 34 zu bestimmen. Damit ist die Menge  $V_2$  des durch den Schneckenförderer 34 geförderten Ausbruches gegeben durch:

$$V_2 = \eta B \int N dt \quad (2)$$

mit  $\eta$  = Ausbruch-Förder-Wirkungsgrad des Schneckenförderers 34, der von der Bodenart abhängt, und

$B$  = von den Abmessungen des Schneckenförderers 34 abhängige theoretische Menge des durch eine Umdrehung des Schneckenförderers 34 geförderten Ausbruches.

Wenn keine Frontplatte vorgesehen ist (vgl. Fig. 2A und 2B) oder wenn eine Frontplatte vorhanden ist (vgl. Fig. 1A und 1B), jedoch der Spalt oder Schlitz zwischen der Frontplatte 22 und den Flügeln 24 ausreichend groß ist, damit im wesentlichen der gesamte ausgehöhlte Ausbruch in die Arbeitskammer 30 eintreten kann, ist die Menge  $\Delta V$  des sich im Arbeitsraum 30 sammelnden Ausbruches gegeben durch:

$$\Delta V = V_1 - V_2 \quad (3).$$

Wenn der Ersatzmodul der Volumenelastizität des Ausbruches im Arbeitsraum 30 den Wert  $K$  hat (der durch Faktoren einschließlich der Bodenart und der Festigkeit der freiliegen-

den Fläche bestimmt ist), dann ist der Ausbruchdruck  $P$  im Arbeitsraum 30 gegeben durch:

$$P = K \Delta V \quad (4).$$

Wenn der Spalt oder Schlitz zwischen der Frontplatte 22 und den Flügeln 24 in Fig. 1A relativ schmal ist, muß manchmal die Differenz  $\Delta P_S$  zwischen dem Ausbruchdruck an der Arbeitsfläche 48 und dem Ausbruchdruck im Arbeitsraum 30 berücksichtigt werden, wobei diese Differenz durch den mittleren Strom des durch den Spalt verlaufenden Ausbruches erzeugt wird. In einem derartigen Fall kann diese Ausbruchdruck-Differenz  $\Delta P_S$  vorhergesagt werden, und der Ausbruchdruck  $P$  im Arbeitsraum 30 kann auf einem um  $\Delta P_S$  niederen Wert als der Ausbruchdruck an der Arbeitsfläche 48 gehalten werden, um einen geeigneten Ausbruchdruck beizubehalten, der auf die Arbeitsfläche 48 einwirkt. Alternativ kann die Bohr- oder Vortriebsgeschwindigkeit verringert werden, um die Ableitung der Ausbruchmenge nach der Zeit  $dV_1/dt$  herabzusetzen, wodurch  $\Delta P_S$  auf einem praktisch vernachlässigbaren Wert gehalten wird. Auf diese Überlegungen braucht jedoch nicht näher eingegangen zu werden.

Im folgenden wird der Aufbau der erfindungsgemäßen Steuer-Vorrichtung näher erläutert, die stabiles Bohren oder Vortreiben an der Arbeitsfläche aufgrund der Eigenschaften erlaubt, die als Ergebnis der obigen Analyse erhalten werden.

Damit ein Tunnel mit stabilem Betrieb an der Arbeitsfläche vorgetrieben werden kann, muß ein Gleichgewicht zwischen der Menge des von der Arbeitsfläche je Zeiteinheit

abgebauten Ausbruches  $dV_1/dt$  und der Menge des durch den Schneckenförderer je Zeiteinheit geförderten Ausbruches  $dV_2/dt$  hergestellt werden, wodurch der Druck P des den Arbeitsraum 30 füllenden Ausbruches auf dem Wert eines statischen Ausbruchdruckes an der freiliegenden Fläche gehalten wird, um deren Durchbruch zu verhindern. In der Praxis wird beim Tunnelbau die Menge des abgebauten Ausbruches, die aufgrund des Vortreibens des Schildmantels über die Entfernung eines Ausbruchzurückhaltenden Tübbings berechnet ist, mit der Menge des tatsächlich geförderten Ausbruches verglichen, um zu beurteilen, ob die Schildvortriebsmaschine durch die freiliegende Fläche angetrieben wird, während stabiles Bohren an der Arbeitsfläche gewährleistet ist.

Nach der in Fig. 3 dargestellten erfindungsgemäßen Steuer-Vorrichtung werden die zeitlichen Ableitungen  $dV_1/dt$  und  $dV_2/dt$  der Ausbruchmengen verglichen, um die Abweichung dazwischen zu erfassen, und abhängig davon, ob diese Abweichung positiv oder negativ ist, werden die Vortriebsgeschwindigkeit v der Schildpressen 44 und/oder die Drehzahl N des Schneckenförderers 34 so eingestellt, daß die folgende Beziehung erfüllt ist:

$$\frac{dV_1}{dt} - \frac{dV_2}{dt} = 0 \quad (5).$$

Aufbau und Betrieb der erfindungsgemäßen Steuer-Vorrichtung werden im folgenden anhand der Fig. 3 näher erläutert. Die Vortriebsgeschwindigkeit v des Schildmantels 10 wird durch einen Schildmantel-Geschwindigkeits-Fühler 56 erfaßt, der z. B. ein herkömmliches Meßgerät hat, das den Hub der Schildpressen 44 mißt. Die Ist-Vortriebs-

geschwindigkeit  $v$  wird mit der Querschnittsfläche  $A$  des Schildmantels 10 multipliziert, und ein das Produkt  $A \cdot v$  darstellendes Signal wird vom Geschwindigkeits-Fühler 56 erzeugt. Die Drehzahl  $N$  des Schneckenförderers 34 wird durch einen Schneckenförderer-Drehzahl-Fühler 58 erfaßt, der z. B. einen herkömmlichen Drehzahlgeber hat. Die Ist-Drehzahl  $N$  wird mit der theoretischen Menge  $B$  des durch eine Umdrehung des Schneckenförderers 34 geförderten Ausbruches multipliziert, und es wird ein, das Produkt  $B \cdot N$  darstellendes Signal vom Geschwindigkeits-Fühler 58 abgegeben. Diese,  $A \cdot v$  und  $B \cdot N$  darstellenden Signale werden an zwei Multiplizierer 60 bzw. 62 abgegeben. Im Multiplizierer 60 wird das  $A \cdot v$  darstellende Signal mit einem Koeffizienten  $\eta_1$  darstellenden Signal multipliziert, um ein Ausgangssignal entsprechend der theoretischen Menge  $Q_1$  des in der Zeiteinheit abgebauten Ausbruches abzugeben. Im Multiplizierer 62 wird das  $B \cdot N$  darstellende Signal mit einem Signal entsprechend einem anderen Koeffizienten  $\eta_2$  multipliziert, um ein Ausgangssignal abzugeben, das die theoretische Menge  $Q_2$  des in der Zeiteinheit geförderten Ausbruches angibt. Damit gilt für  $Q_1$  und  $Q_2$ :

$$Q_1 = \eta_1 A v \quad (6)$$

$$Q_2 = \eta_2 B N \quad (7).$$

Diese Koeffizienten  $\eta_1$  und  $\eta_2$  können von Hand in jeweiligen Koeffizienten-Stellglieder 64 und 66 eingestellt werden. Jedoch werden vorzugsweise bei der Erfindung diese Koeffizienten  $\eta_1$  und  $\eta_2$  in jeweiligen Servo-Koeffizient-Stellgliedern 68 und 70 abhängig von einer Änderung des Ausbruchdruckes  $P$  im Arbeitsraum 30 eingestellt, wie dies weiter unten anhand Fig. 4 näher erläutert wird.

## 23

Die Koeffizienten  $\eta_1$  und  $\eta_2$  können auf konstante Werte eingestellt werden, die physikalisch sinnvoll sind. Dies wird im folgenden anhand Fig. 3 näher erläutert. Der erste Koeffizient  $\eta_1$ , der sich auf das Volumen des abgebauten Ausbruches bezieht, wird auf 1,0 eingestellt, wobei angenommen wird, daß das Volumen des von der Arbeitsfläche abgebauten Ausbruches gleich ist dem Volumen, das der Ausbruch in der freiliegenden Fläche eingenommen hat, oder dieser Koeffizient  $\eta_1$  wird so gewählt, daß er einen Wert gleich dem Schwellfaktor  $f_s$  ( $f_s \geq 1,0$ ) des Ausbruches hat, der vom komprimierten Zustand in der freiliegenden Fläche in die Atmosphäre freigegeben wird. Der zweite Koeffizient  $\eta_2$  wird so gewählt, daß er einen Wert gleich dem Ausbruch-Förder-Wirkungsgrad  $\eta$  des Schneckenförderers 34 annimmt.

Die auf die obige Weise berechneten Mengen  $Q_1$  und  $Q_2$  entsprechen ungefähr der Menge des in der Zeiteinheit abgebauten Ausbruches  $dV_1/dt$  bzw. der Menge des in der Zeiteinheit geförderten Ausbruches  $dV_2/dt$ . Die Ausgangssignale der Multiplizierer 60 und 62, die die Menge  $Q_1$  bzw.  $Q_2$  darstellen, werden an einen Ausbruchmengen-Abweichungs-Rechner 72 abgegeben, der ein Ausgangssignal erzeugt, das die Ausbruchmengen-Abweichung  $\delta_1$  angibt, nämlich:

$$\delta_1 = Q_1 - Q_2 = \eta_1 A_v - \eta_2 B_N \quad (8).$$

Das diese Ausbruchmengen-Abweichung  $\delta_1$  darstellende Signal wird vom Rechner 72 an einen Regelabweichungs-Rechner 74 abgegeben, der ein geeignetes Stellsignal erzeugt, um den Schneckenförderer 34 abhängig vom Vorzeichen von  $\delta_1$  und dem Vergleichsergebnis mit einem Soll-Wert einzustellen. Z. B. wird zuvor ein Soll-Wert  $\delta_0$  ( $\delta_0 > 0$ ) im Regelabweichungs-Rechner 74 einge-

stellt, und dieser Rechner 74 ist so aufgebaut, daß er ein Stellsignal erzeugt, um die Drehzahl  $N$  des Schneckenförderers 34 konstant zu halten bzw. zu erhöhen bzw. zu verringern, wenn  $-\delta_0 < \delta_1 < \delta_0$  bzw.  $\delta_1 \geq \delta_0$  bzw.  $\delta_1 \leq -\delta_0$  vorliegen. Das Ausgangssignal des Regelabweichungs-Rechners 74 wird über einen Automat/Hand-Umschalter 76 und einen Steuersignal-Verstärker 78 an das Schneckenförderer-Antriebsglied 54 zu dessen Steuerung abgegeben. Der Automat/Hand-Umschalter 76 schaltet von Automat-Betrieb in Hand-Betrieb bei einem Automat/Hand-Schaltsignal um, das durch den Bediener eingespeist wird, wenn die Bodenart nicht allein durch die oben erläuterte automatische Steuer-Vorrichtung überdeckt werden kann oder wenn die Steuer-Vorrichtung unerwartet ausfällt. Der Steuersignal-Verstärker 78 verstärkt das Ausgangssignal des Regelabweichungs-Rechners 74 auf einen Leistungswert, bei dem ein Betätigungsorgan, wie z. B. ein elektrisch betriebenes Betätigungsorgan, elektrisch die von der den Schneckenförderer 34 antreibenden Hydropumpe abgegebene Menge erhöhen oder verringern kann. Wenn so der Soll-Wert  $\delta_0$  auf einen sehr kleinen Wert eingestellt wird, kann die Drehzahl  $N$  des Schneckenförderers 34 so gesteuert werden, daß sie zunimmt und abnimmt, wenn der Wert von  $\delta_1$  positiv bzw. negativ ist. Es ist daher möglich, den Tunnelbau auszuführen, während kontinuierlich der Wert von  $\delta_1$  sehr nahe bei Null gehalten wird, d. h., während die Beziehung  $Q_1 \approx Q_2$  beibehalten wird.

Die obigen Erläuterungen beziehen sich auf einen Fall, in dem die von den Koeffizient-Stellgliedern 64 und 66 an die Multiplizierer 60 und 62 abgegebenen Koeffizienten  $\eta_1$  und  $\eta_2$  jeweils auf konstante Werte eingestellt sind. Jedoch können diese eingestellten Werte von  $\eta_1$  und  $\eta_2$  von den tatsächlichen Werten abweichen, die

31

beim tatsächlichen Tunnelbau auftreten. In diesem Fall ist  $dV_1/dt$  nicht gleich  $dV_2/dt$  oder es liegt

$$\frac{dV_1}{dt} \neq \frac{dV_2}{dt}$$

beim tatsächlichen Betrieb der Steuer-Vorrichtung vor, obwohl die Beziehung  $Q_1 = Q_2$  rechnerisch gilt. In einem derartigen Fall nimmt so die Menge des sich im Arbeitsraum 30 sammelnden Ausbruches in einer bestimmten Zeitdauer zu oder ab, was zur entsprechenden Änderung im Ausbruchdruck P im Arbeitsraum 30 führt, und die gewünschte Steuerung zum Gewährleisten stabilen Vortreibens an der Arbeitsfläche wird nicht in genauem Sinne erzielt. Jedoch muß ein konstanter Ausbruchdruck nicht zwingend im Arbeitsraum 30 aufgebaut werden, wenn das Vortreiben oder Bohren durch eine selbsttragende Arbeitsfläche erfolgt. In einem derartigen spezifischen Fall können die Werte von  $\eta_1$  und  $\eta_2$  aufgrund von früheren Versuchen oder des Ergebnisses von Experimenten in der gleichen Lage bestimmt werden, und die Steuer-Vorrichtung kann einfach als synchronisierte Vorrichtung arbeiten, so daß der Schneckenförderer 34 lediglich die Menge  $V_2$  gleich der Menge  $V_1$  des abgebauten Ausbruches fördern kann. Weiterhin kann der Ist-Ausbruchdruck P im Arbeitsraum 30 auf einem Sichtgerät 79 angezeigt werden, wie z. B. einem Analog- oder Digital-Meßgerät, und die Koeffizient-Stellglieder 64 und 66 können von Hand eingestellt werden, um die Einstellungen von  $\eta_1$  und  $\eta_2$  abhängig vom angezeigten Ausbruchdruck zu ändern, so daß eine gegenüber bisherigen Vorrichtungen stabilere Steuerung erzielt wird.

Beim Tunnelbau in weichem Gestein (bzw. Boden) wird



es jedoch für stabiles Bohren durch die Arbeitsfläche am geeignetsten angesehen, automatisch die Werte der Koeffizienten  $\eta_1$  und  $\eta_2$  zu ändern und den Ausbruchdruck  $P$  im Arbeitsraum 30 in einen geeigneten Bereich entsprechend dem statischen Ausbruchdruck an der freiliegenden Fläche zu steuern, um deren Durchbruch zu verhindern. Diese Steuerung wird in Einzelheiten anhand der Fig. 4 näher erläutert. In Fig. 4 sind einander entsprechende Teile mit den gleichen Bezugszeichen versehen wie in Fig. 3.

Der tatsächliche oder Ist-Ausbruchdruck  $P$  im Arbeitsraum 30 kann nicht aus den Gleichungen berechnet werden, die als Ergebnis der obigen Analyse erhalten wurden, da Faktoren wie  $\eta$  und  $K$  beide sehr schwierig abzuschätzen sind. Ausbruchdruck-Messer 80 sind auf der Trennwand 28 an mehreren Stellen angebracht, wie z. B. an Stellen a und b in Fig. 1B und 2B, um die Ausbruchdrücke  $P$  in diesen Teilen des Arbeitsraumes 30 zu erfassen. Die Ist-Ausbruchdruck-Werte werden dann gemittelt, um die Stör- und Spitzenwerte zu mitteln, oder es werden geeignete Gewichte an den Ausgängen der Ausbruchdruck-Messer 80 angebracht, um die Ist-Ausbruchdruck-Werte abhängig von den Stellen der Ausbruchdruck-Messer 80 zu mitteln. Dieses Mitteln erfolgt in einem Mittelwert-Rechner 82, und ein den mittleren Ausbruchdruck  $P_m$  darstellendes Ausgangssignal wird vom Mittelwert-Rechner 82 an einen Ausbruchdruck-Abweichungs-Rechner 84 abgegeben. Der Ausbruchdruck-Abweichungs-Rechner 84 erzeugt ein Ausgangssignal, das die Ausbruchdruck-Abweichung  $\delta_2$  angibt, die erzeugt ist durch die Differenz ( $P_m - P_s$ ) zwischen dem mittleren Ausbruchdruck  $P_m$  und einem konstanten Wert  $P_s$ , der aufgrund des voreingestellten statischen Ausbruchdruckes an der freiliegenden Fläche bestimmt ist, oder durch den differenzierten Wert  $dP_m/dt$  des mittleren Aus-

bruchdruckes  $P_m$  oder durch deren Summe  $(dP_m/dt) + (P_m - P_s)$ . Es ist auch vorteilhaft, direkt  $\delta_2$  aufgrund der Ist-Ausbruchdrücke  $P$  anstelle des mittleren Ausbruchdruckes  $P_m$  zu berechnen. Das Ausbruchdruck-Abweichungssignal  $\delta_2$  wird vom Rechner 84 an zwei Servo-Koeffizient-Stellglieder 68 und 70 abgegeben. Das Servo-Koeffizient-Stellglied 68 ist so angeordnet, daß der Wert des am Multiplizierer 60 liegenden Koeffizienten  $\eta_1$  automatisch bezüglich einer Änderung des Wertes des Eingangssignales  $\delta_2$  eingestellt werden kann, und dieses Stellglied 68 kann umgeschaltet werden, um von Hand den Wert des Koeffizienten  $\eta_1$  einzustellen. Bei automatischer Einstellung nimmt das Ausgangssignal  $\eta_1$  immer einen positiven Wert an. Wenn das Eingangssignal  $\delta_2$  den Wert Null hat, wird  $\eta_1$  konstant gehalten, und wenn das Eingangssignal  $\delta_2$  positiv oder negativ ist, nimmt  $\eta_1$  mit vorbestimmter Geschwindigkeit zu bzw. ab. Das Servo-Koeffizient-Stellglied 70 ist ähnlich aufgebaut wie das Servo-Koeffizient-Stellglied 68, da es automatisch und von Hand in den Multiplizierer 62 eingespeisten Koeffizienten  $\eta_2$  einstellt. Jedoch unterscheidet sich das Stellglied 70 funktionsmäßig vom Stellglied 68 dadurch, daß das Ausgangssignal  $\eta_2$  ab- oder zunimmt mit einer vorbestimmten Geschwindigkeit, wenn das Eingangssignal  $\delta_2$  positiv oder negativ ist. Wenn das Eingangssignal  $\delta_2$  nicht den Wert Null hat, müssen die Änderungsgeschwindigkeiten der Koeffizienten  $\eta_1$  und  $\eta_2$  relativ klein gewählt werden, um das verzögerte Ansprechen der Regelschleife zu berücksichtigen, bei der der Ausbruchdruck  $P$  im Arbeitsraum 30 zunächst erfaßt wird, bei der dann die Menge des in der Zeiteinheit geförderten Ausbruches  $dV_2/dt$  abhängig von der erfaßten Änderung des Ausbruchdruckes  $P$  im Arbeitsraum 30 erhöht oder verringert wird, und bei der dann der Ausbruchdruck  $P$  im Arbeitsraum 30 mit der Änderung der zeitlichen Ableitung der Ausbruchmenge  $dV_1/dt$  geändert wird. Dies beruht darauf, daß sonst eine Instabili-

tät in der gesamten Steuer-Vorrichtung auftreten könnte.

Entweder einer oder beide Koeffizienten  $\eta_1$  und  $\eta_2$  werden automatisch mit der Änderung des Ausbruchdruckes P im Arbeitsraum 30 auf die oben erläuterte Weise eingestellt, so daß die gewünschte stabile Steuerung des Bohrens oder Vortreibens an der Arbeitsfläche in genauem Sinne erzielt werden kann, um die Beziehung  $Q_1 = Q_2$  und die Beziehung

$$\frac{dV_1}{dt} = \frac{dV_2}{dt}$$

im tatsächlichen System aufzubauen. Auf diese Weise wird die Regelschleife geschlossen, die folgende Schritte hat: Erfassen des Ausbruchdruckes P im Arbeitsraum 30  $\rightarrow$  Erzeugen des Steuersignales  $\rightarrow$  Steuern der Drehzahl N des Schneckenförderers 34 oder der Vortriebsgeschwindigkeit v der Schildpressen 44  $\rightarrow$  Korrigieren des Ausbruchdruckes P im Arbeitsraum 30.

Bei der in Fig. 4 dargestellten Steuer-Vorrichtung gibt es drei Fälle zum Einstellen der Werte der Koeffizienten  $\eta_1$  und  $\eta_2$ . Im ersten Fall wird der Koeffizient  $\eta_1$  von Hand auf einen konstanten Wert eingestellt, und der Koeffizient  $\eta_2$  wird automatisch änderbar gemacht, um der Änderung in der Ausbruchdruck-Abweichung  $\delta_2$  zu folgen. Im zweiten Fall wird der Koeffizient  $\eta_1$  auf einen konstanten Wert eingestellt, und der Koeffizient  $\eta_2$  wird veränderlich gemacht, um der Änderung in der Ausbruchdruck-Abweichung  $\delta_2$  zu folgen. Im dritten Fall sind beide Koeffizienten  $\eta_1$  und  $\eta_2$  automatisch veränderlich gemacht, um der Änderung der Ausbruchdruck-Abweichung  $\delta_2$  zu folgen. Der Betrieb der Steuer-Vorrichtung wird besonders für den ersten Fall erläutert, in dem der Koeffizient  $\eta_1$  insbesondere auf 1,0 eingestellt ist.

Zunächst wird der Koeffizient  $\eta_1$  von Hand auf den konstanten Wert  $\eta_1 = 1,0$  eingestellt, und der Koeffizient  $\eta_2$  wird automatisch veränderlich gemacht, um der Änderung der Ausbruchdruck-Abweichung  $\delta_2$  zu folgen. Für den Koeffizienten  $\eta_1$  kann  $\eta_1 = 1,0$  angenommen werden, sofern das Volumen des Ausbruches unter dem voreingestellten statischen Ausbruchdruck an der freiliegenden Fläche als Grundlage genommen wird, während sich der Koeffizient  $\eta_2$ , der ungefähr gleich dem Ausbruch-Förder-Wirkungsgrad  $\eta$  des Schneckenförderers 34 ist, mit der Bodenart und dem Ausbruchdruck ändert.

$$(i) \quad Q_1 = Av = \frac{dV_1}{dt}, \text{ da } \eta_1 = 1,0$$

$$(ii) \quad Q_2 = \eta_{BN} = \frac{dV_2}{dt}, \text{ wenn } \eta_2 = \eta.$$

(iii) Die Ausbruchdruck-Abweichung  $\delta_1$  ist gegeben durch:

$$\begin{aligned} \delta_1 &= Q_1 - Q_2 = \frac{dV_1}{dt} - \frac{dV_2}{dt} \\ &= \frac{d(V_1 - V_2)}{dt} = \frac{d}{dt} (\Delta V). \end{aligned}$$

Auf diese Weise stellt die Ausbruchmengen-Abweichung  $\delta_1$  die Menge  $\frac{d}{dt} (\Delta V)$  des Ausbruches dar, der tatsächlich in der Zeiteinheit im Arbeitsraum 30 zurückbleibt.

(iv) Die Steuer-Vorrichtung steuert das Schneckenförderer-Antriebsglied 54, um diesen Wert  $\delta_1$  auf Null zu verringern, wodurch die Beziehung  $Q_1 = Q_2$  beibehalten wird.

(v) Jedoch liegt  $Q_2 \neq \frac{dV_2}{dt}$  vor, wenn  $\eta_2 \neq \eta$ . In diesem Fall gilt  $\frac{dV_1}{dt} \neq \frac{dV_2}{dt}$ , und  $\frac{d}{dt} (\Delta V)$  ist nicht Null, obwohl die Beziehung  $Q_1 = Q_2$  entsprechend der Berechnung im Steuersystem gilt.

(vi) Der Ausbruchdruck  $P$  im Arbeitsraum 30 ist gegeben durch:

$$P = K \Delta V = K(V_1 - V_2)$$

und sein differenzierter Wert  $\frac{dP}{dt}$  ist gegeben durch:

$$\frac{dP}{dt} = K \frac{d}{dt} (\Delta V) = K \left( \frac{dV_1}{dt} - \frac{dV_2}{dt} \right) \neq 0.$$

Dies bedeutet, daß der Ausbruchdruck  $P$  im Arbeitsraum 30 zunimmt oder abnimmt.

(vii) Der Ausbruchdruck-Abweichungs-Rechner 84 erzeugt das Ausgangssignal, das die Ausbruchdruck-Abweichung  $\delta_2 = P_m - P_s$  oder  $\delta_2 = \frac{dP_m}{dt}$  oder  $\delta_2 = (P_m - P_s) + \frac{dP_m}{dt}$  darstellt, und der Wert des Koeffizienten  $\eta_2$  nimmt abhängig davon ab oder zu, ob diese Ausbruchdruck-Abweichung  $\delta_2$  positiv oder negativ ist.

(viii) Folglich liegt die Beziehung  $\frac{dV_1}{dt} > \frac{dV_2}{dt}$  bei  $\delta_2 > 0$  vor, obwohl die Beziehung  $Q_1 = Q_2$  für die Berechnung gilt. Mit der Gleichung  $Q_1 = \frac{dV_1}{dt}$  gilt nun die Beziehung  $Q_2 > \frac{dV_2}{dt}$ , und  $\eta_2$  ist größer als  $\eta$  bzw.  $\eta_2 > \eta$ . Das Servo-Koeffizient-Stellglied 70 verringert nun die Einstellung von  $\eta_2$ . In einem vollkommen entgegengesetzten Fall, in dem  $\delta_2 < 0$  vorliegt, gilt die Beziehung  $Q_2 < \frac{dV_2}{dt}$ , und  $\eta_2$  ist kleiner als  $\eta$  bzw.  $\eta_2 < \eta$ . Das Servo-Stellglied 70 erhöht nun die Einstellung von  $\eta_2$ .

(ix) Damit baut die Steuer-Vorrichtung die Beziehung  $Q_1 = Q_2$  für die neue Einstellung von  $\eta_2$  erneut auf, so daß die Drehzahl  $N$  des Schneckenförderers 34 abhängig davon zunimmt oder abnimmt, ob der Wert von  $\delta_2$  positiv oder negativ ist.

(x) Schließlich wird ein Gleichgewicht zwischen der Menge des abgebauten Ausbruches und der Menge des geförderten Ausbruches erreicht, wenn die Ausbruchmengen-Abweichung  $\delta_1 = 0$  vorliegt, d. h., in dem Punkt, in dem der mittlere Ausbruchdruck  $P_m$  im Arbeitsraum 30 konstant gehalten wird.

(xi) Auf diese Weise gilt die Beziehung  $\frac{dV_1}{dt} = \frac{dV_2}{dt}$ , und die gewünschte Steuerung zum Gewährleisten stabilen Bohrens oder Vortreibens an der Arbeitsfläche kann genau erreicht werden.

Die obigen Erläuterungen beziehen sich insbesondere auf den ersten Fall, in dem der Koeffizient  $\eta_1$  auf einen konstanten Wert von 1,0 eingestellt ist, während der Koeffizient  $\eta_2$  automatisch veränderlich ist. Selbstverständlich kann die Beziehung  $\frac{dV_1}{dt} = \frac{dV_2}{dt}$  in ähnlicher Weise auch für die übrigen Fälle eingestellt werden. Es sei darauf hingewiesen, daß die erfindungsgemäße Steuer-Vorrichtung in erster Linie so aufgebaut ist, daß die Beziehung  $Q_1 = Q_2$  bei beliebigen Werten von  $\eta_1$  und  $\eta_2$  beibehalten wird. Der Betrieb der Steuer-Vorrichtung ist so, daß das Vorzeichen der Ausbruchdruck-Abweichung  $\delta_2$  abhängig von den relativen Größen von  $\frac{dV_1}{dt}$  und  $\frac{dV_2}{dt}$  bestimmt ist, und die Koeffizienten  $\eta_1$  und  $\eta_2$  werden in neue Werte abhängig vom Vorzeichen der Ausbruchdruck-Abweichung  $\delta_2$  geändert, so daß diese neuen Einstellungen von  $\eta_1$  und  $\eta_2$  zum erneuten Aufbauen der Beziehung  $Q_1 = Q_2$  verwendet werden können. Dieser Betrieb dauert fort,

bis schließlich die Ausbruchmengen-Abweichung  $\delta_1$  auf Null verringert ist, d. h., bis die Beziehung  $\frac{dV_1}{dt} = \frac{dV_2}{dt}$  erneut gilt. Auf diese Weise kann entweder  $\eta_1$  oder  $\eta_2$  veränderlich gemacht werden, um die Beziehungen  $Q_1 = Q_2$  und  $\frac{dV_1}{dt} = \frac{dV_2}{dt}$  beizubehalten. Jedoch weicht die Art der Steuerung mit dem veränderlichen Koeffizienten  $\eta_1$  von der Art der Steuerung mit dem veränderlichen Koeffizienten  $\eta_2$  insoweit ab, als  $\eta_1$  abhängig davon zunimmt oder abnimmt, ob die Ausbruchdruck-Abweichung  $\delta_2$  positiv oder negativ im ersten Fall ist, während  $\eta_2$  abhängig davon abnimmt oder zunimmt, ob  $\delta_2$  positiv oder negativ ist.

Die Mengen  $Q_1$  und  $Q_2$  haben abhängig davon verschiedene Bedeutungen, ob  $\eta_1$  oder  $\eta_2$  veränderlich ist. Unter diesem Gesichtspunkt werden die drei oben erläuterten Fälle einzeln diskutiert.

(1) Im ersten Fall ist der Koeffizient  $\eta_1$  auf einen konstanten Wert eingestellt, während der Koeffizient  $\eta_2$  automatisch veränderlich ist.

(a)  $\eta_1 = 1,0$

Wenn ein Gleichgewicht zwischen der Menge des abgebauten Ausbruches und der Menge des geförderten Ausbruches erreicht ist, gelten die Gleichungen  $Q_1 = \frac{dV_1}{dt}$  und  $Q_2 = \frac{dV_2}{dt}$ . Die Mengen  $Q_1$  und  $Q_2$  stellen jeweils die Mengen des in der Zeiteinheit abgebauten Ausbruches und des geförderten Ausbruches dar, wenn das Volumen des Ausbruches unter dem statischen Ausbruchdruck an der freiliegenden Fläche als Grundlage genommen wird. Das Volumen des tatsächlich in die Atmosphäre freigesetzten Ausbruches wird durch Multiplizieren der Menge mit dem Schwellfaktor  $f_s$  des Ausbruches berechnet. Andererseits ist der Koeffizient  $\eta_2$  näherungsweise gleich dem Ausbruch-Förder-

Wirkungsgrad  $\eta$  des Schneckenförderers 34.

$$(b) \eta_1 = fs$$

Wenn ein Gleichgewicht zwischen der Menge des abgebauten Ausbruches und der Menge des geförderten Ausbruches erreicht ist, gelten die Beziehungen  $Q_1 = Q_2$  und  $\frac{dV_1}{dt} = \frac{dV_2}{dt}$ . Diese Mengen  $Q_1$  und  $Q_2$  werden jeweils ausgedrückt durch  $Q_1 = \eta_1 Av = fsAv = fs \frac{dV_1}{dt}$  und  $Q_2 = \eta_2 BN = fs \frac{dV_2}{dt}$ . Auf diese Weise beruhen  $Q_1$  und  $Q_2$  jeweils auf dem Volumen des in die Atmosphäre freigesetzten Ausbruches, und der Koeffizient  $\eta_2$  ist in diesem Fall ungefähr gleich  $fs \eta$ .

(2) Im zweiten Fall ist der Koeffizient  $\eta_2$  auf einen konstanten Wert eingestellt, während der Koeffizient  $\eta_1$  automatisch veränderlich ist.

Der Koeffizient  $\eta_2$  ist auf einen geschätzten Mittelwert des Ausbruch-Förder-Wirkungsgrades  $\eta$  des Schneckenförderers 34 eingestellt. Wenn  $\eta_2$  auf einen derartigen Wert eingestellt ist, gilt die Gleichung  $Q_2 = \frac{dV_2}{dt}$  nicht immer, da  $\eta_2$  in der Gleichung  $Q_2 = \eta_2 BN$  nicht immer gleich dem tatsächlichen Wirkungsgrad ist. Selbst wenn jedoch  $\eta_2 \neq \eta$  vorliegt, wird der Wert des Koeffizienten  $\eta_1$  geeignet geändert, um die Beziehungen  $Q_1 = Q_2$  und  $\frac{dV_1}{dt} = \frac{dV_2}{dt}$  beizubehalten. Die Gleichung  $Q_1 = \frac{dV_1}{dt}$  gilt ebenfalls nicht immer.

(3) Im dritten Fall sind beide Koeffizienten  $\eta_1$  und  $\eta_2$  automatisch veränderlich.

In diesem dritten Fall muß eine vorbestimmte Beziehung zwischen den Änderungsgeschwindigkeiten von  $\eta_1$  und  $\eta_2$  bezüglich der Änderung der Aus-



bruchmengen-Abweichung  $\delta_1$  beibehalten werden. Auch in diesem Fall gelten die Gleichungen  $Q_1 = \frac{dV_1}{dt}$  und  $Q_2 = \frac{dV_2}{dt}$  nicht immer, obwohl die Beziehungen  $Q_1 = Q_2$  und  $\frac{dV_1}{dt} = \frac{dV_2}{dt}$  beibehalten werden.

Aus den obigen Erläuterungen folgt, daß die gewünschte Steuerung für stabiles Bohren oder Vortreiben an der Arbeitsfläche in allen drei Fällen erzielt werden kann, in denen die Koeffizienten  $\eta_1$  und  $\eta_2$  in der beschriebenen Weise gewählt sind. Die Mengen  $Q_1$  und  $Q_2$  haben ihre bestimmten Bedeutungen in (1)(a) und (1)(b), so daß die Einstellung von  $\eta_1$  und  $\eta_2$  dieser Fälle vernünftig und besonders vorteilhaft ist. In diesen Fällen ist  $Q_2$  gleich  $\frac{dV_2}{dt}$  oder gleich  $f_s \frac{dV_2}{dt}$ , was die Menge des in der Zeiteinheit geförderten Ausbruches darstellt. Diese Menge  $Q_2$  kann, wie in Fig. 4 dargestellt, auf einem Analog-Meßgerät 88 oder auf einem Digital-Voltmeter 92 über einen Integrierer 90 angezeigt werden. Damit kann eine vorteilhafte Steuerung des geförderten Ausbruches erreicht werden. Ähnliches ergibt sich, wenn anstelle von  $Q_2$  die Menge  $Q_1$  auf den Meßgeräten 88 und 92 angezeigt wird. Diese Anzeige ist selbstverständlich auch beim Ausführungsbeispiel der Fig. 3 möglich.

Es sei darauf hingewiesen, daß mit der in Fig. 4 gezeigten erfindungsgemäßen Steuer-Vorrichtung ein stabiler Tunnelbau sicher ausgeführt werden kann, während ein Gleichgewicht zwischen der Menge des in der Zeiteinheit abgebauten Ausbruches und der Menge des in der Zeiteinheit geförderten Ausbruches aufrechterhalten wird, und während der Ausbruchdruck  $P$  im Arbeitsraum 30 in einem geeigneten Bereich gehalten wird, der nicht zu einem Durchbruch der freiliegenden Fläche und zu einer Bodenanhebung führt. Die Menge des durch den Schneckenförderer 34 geförderten Ausbruches kann automatisch so gesteuert werden, daß die Schildvortriebsmaschine ein-

facher als bisher betrieben werden kann, und die Zuverlässigkeit kann ebenfalls verbessert werden.

In Fig. 4 ist ein Fühler 86 für anormalen Zustand zwischen dem Regelabweichungs-Rechner 74 und einem der Ausbruchdruck-Messer 80 vorgesehen. Dieser bestimmte Ausbruchdruck-Messer 80 ist auf der Trennwand 28 an der Stelle angebracht (z. B. an der Stelle a in Fig. 1B und 2B), die für unmittelbares Erfassen eines Durchbruches der Arbeitsfläche unter mehreren Ausbruchdruck-Messern 80 im Arbeitsraum 30 geeignet ist. Der Fühler 86 für anormalen Zustand erfaßt das Ausgangssignal des bestimmten Ausbruchdruck-Messers 80 und unterbricht unmittelbar den Betrieb des Schneckenförderers 34 oder erzeugt ein Befehlssignal zum Schließen der Schiebeplatte 36 in Fig. 1B und 2B, wenn das Ausgangssignal des bestimmten Ausbruchdruck-Messers 80 Null wird oder einen erlaubten Mindestwert annimmt. Der Fühler 86 kann einen Ausfall oder Fehler des Ausbruchdruck-Messers oder der Messer 80 erfassen, indem eine Unvereinbarkeit zwischen den Ausgangssignalen der mehreren Ausbruchdruck-Messer 80 ermittelt wird. Der Automat/Hand-Umschalter 76 schaltet vom Automat-Betrieb in den Hand-Betrieb bei einem Automat/Hand-Schaltsignal um, wenn der Bodenzustand durch die oben erläuterte automatische Steuer-Vorrichtung allein nicht überdeckt werden kann oder wenn die Steuer-Vorrichtung unerwartet ausfällt.

Die obige Beschreibung bezieht sich auf Anwendungen der Erfindung auf Tunnelbaumaschinen mit Schneckenförderern, wie diese in den Fig. 1A, 1B, 2A und 2B dargestellt sind. Die Erfindung ist auch für eine Tunnelbaumaschine anwendbar, die eine Ausbruch- oder Schlamm-Fördereinrichtung hat, die die Menge des geförderten Ausbruches von Null auf einen Höchstwert einstellen kann. Der Ausbruchdruck P im Arbeitsraum 30 kann auch in einem geeigneten Bereich gehalten werden, indem das Steuersignal von

der Steuer-Vorrichtung in das Schildpressen-Antriebsglied 52 anstatt in das Schneckenförderer-Antriebsglied 54 eingespeist wird, wodurch automatisch die Vortriebsgeschwindigkeit des Schildmantels 10 gesteuert wird. In diesem Fall muß die Steuer-Vorrichtung mit dem Schildpressen-Antriebsglied 52 verbunden sein, so daß die Vortriebsgeschwindigkeit der Schildpressen 44 mit zunehmender Ausbruchmengen-Abweichung  $\delta_1$  verringerbar ist.

Zusätzlich zu ihren Anwendungen bei den obigen Schildfräser-Tunnelbaumaschinen ist die Erfindung auch für eine in Blind-Technik betriebene Tunnelbaumaschine geeignet, die einen Tunnel bohrt, indem lediglich ein Schildmantel in eine Arbeitsfläche vorgetrieben wird, und sie ist auch für eine Tunnelbaumaschine vorteilhaft, die außer dem Schildfräser ein Bohrwerkzeug aufweist. Auch bei diesen Anwendungen werden die Menge des in der Zeiteinheit abgebauten Ausbruches und die Menge des in der Zeiteinheit geförderten Ausbruches vollständig ausgeglichen, um einen geeigneten Ausbruchsdruck in einem Arbeitsraum zwischen einer Arbeitsfläche und einer Trennwand im Maschinengestell des Schildmantels beizubehalten, wodurch stabiles Vortreiben oder Bohren an der Arbeitsfläche gewährleistet ist.

Die Erfindung hat u. a. im wesentlichen die folgenden Vorteile:

- (1) Ein Tunnel kann in weichem Boden vorgetrieben oder gebohrt werden, während gleichzeitig ein Durchbruch der freiliegenden Fläche und eine Bodenanhebung vermieden werden.
- (2) Eine automatische Steuerung des Maschinenbetriebs erleichtert das Vortreiben oder Bohren und verbessert die Zuverlässigkeit.

(3) Die Boden-Installationen und der Platzbedarf sind geringer als beim herkömmlichen Schlammversatz-Schildvortrieb, was Ausrüstung und Betriebsaufwand wesentlich herabsetzt.

(4) Die Menge des durch die Schildvortriebsmaschine ausgegrabenen Ausbruches oder die Menge des durch den Schneckenförderer geförderten Ausbruches wird in ein elektrisches Signal umgewandelt, um auf einem Analog- oder Digital-Meßgerät angezeigt zu werden. Damit kann eine einfache Ausbruchmengen-Steuerung erzielt werden.

Die Erfindung wurde oben anhand der Ausbruchdruck-Erfassung im Arbeitsraum mittels der Ausbruchdruck-Messer erläutert; die wesentlichen Vorteile der Erfindung bleiben jedoch unverändert, wenn z. B. Spannung, Deformation oder Versetzung eines Bauteiles der Schildvortriebsmaschine gemessen werden, um den auf die Welle des Schildfräasers einwirkenden Druck zu erfassen, so daß der Ausbruchdruck im Arbeitsraum abhängig vom erfaßten Ist-Wert steuerbar ist.

**27 45 928**  
**E 21 D 9/08**  
**12. Oktober 1977**  
**20. April 1978**

**Patentanwälte**  
**BEETZ-LAMPRECHT-BEETZ**  
**8000 München 22 - Steinsdorfstr. 10**

809816/0796

FIG. 2B

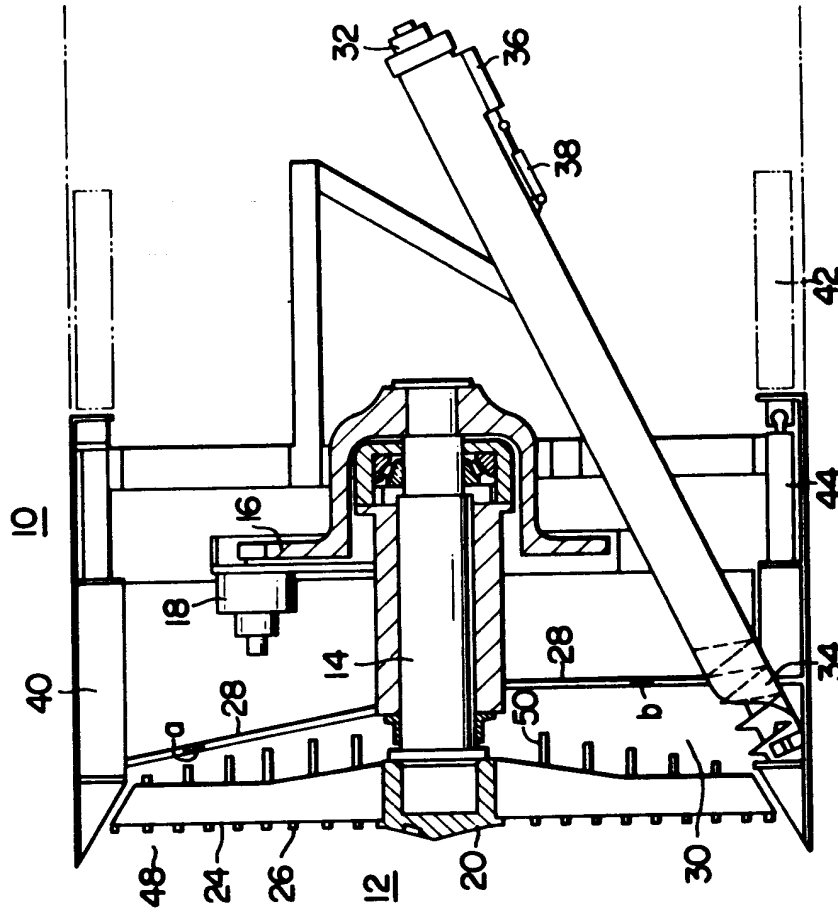


FIG. 2A

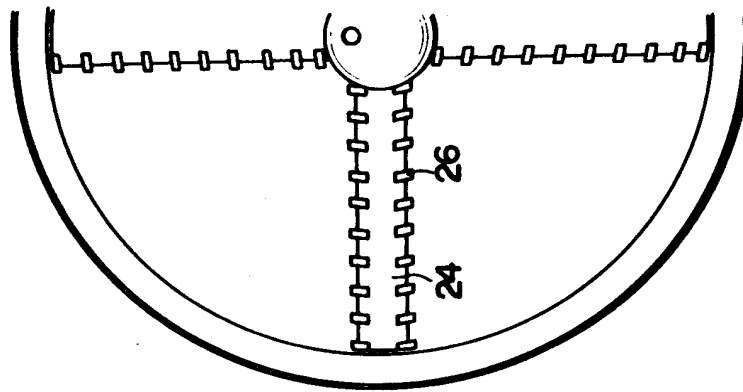
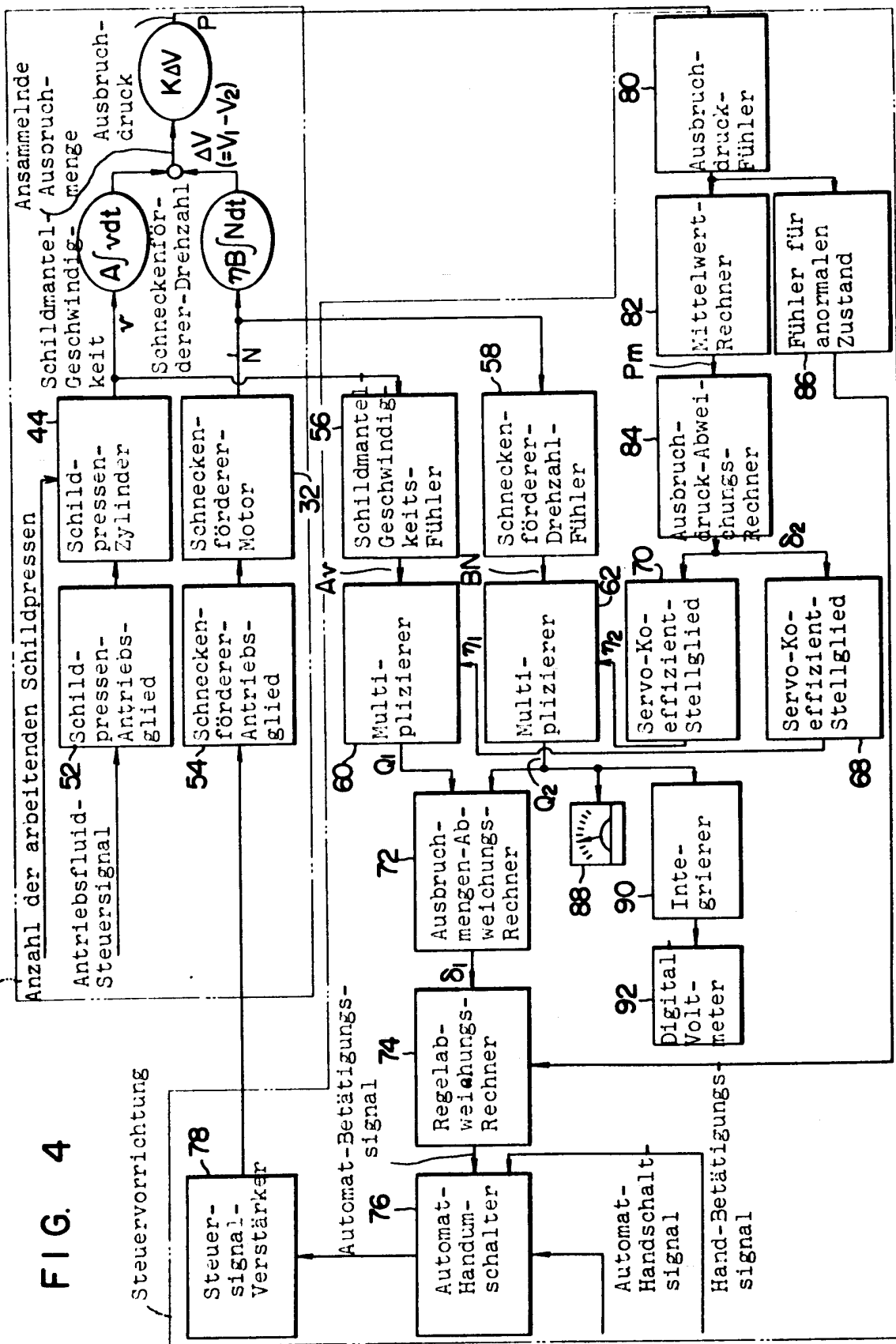




FIG. 4

Eigenschaften für stabile  
Vortriebs-Steuerung



809816/0796



**DERWENT-ACC-NO:** 1978-D3219A

**DERWENT-WEEK:** 198903

*COPYRIGHT 2008 DERWENT INFORMATION LTD*

**TITLE:** Tunnelling machine control for  
soft rock has sensors to monitor  
quantity mined and removed and  
includes comparator for excavated  
and conveyed material signal  
values

**INVENTOR:** ONO K

**PATENT-ASSIGNEE:** HITACHI CONSTR MACHINERY CO LTD  
[HITT] , HITACHI LTD[HITA]

**PRIORITY-DATA:** 1976JP-121903 (October 13, 1976)

**PATENT-FAMILY:**

<b>PUB-NO</b>	<b>PUB-DATE</b>	<b>LANGUAGE</b>
DE 2745928 A	April 20, 1978	DE
NL 7711197 A	April 17, 1978	NL
US 4171848 A	October 23, 1979	EN
GB 1566344 A	April 30, 1980	EN
DE 2745928 C	April 22, 1982	DE
NL 184287 B	January 2, 1989	NL

**APPLICATION-DATA:**

PUB-NO	APPL- DESCRIPTOR	APPL-NO	APPL-DATE
US 4171848A	N/A	1977US- 838248	September 30, 1977
DE 2745928C	N/A	1977DE- 2745928	October 12, 1977

**INT-CL-CURRENT:**

TYPE	IPC DATE
CIPP	E21D9/06 20060101
CIPS	A63B53/00 20060101
CIPS	A63B53/12 20060101
CIPS	E21D9/00 20060101
CIPS	E21D9/04 20060101
CIPS	E21D9/087 20060101
CIPS	E21D9/093 20060101
CIPS	E21D9/12 20060101

**ABSTRACTED-PUB-NO:** DE 2745928 A**BASIC-ABSTRACT:**

The control unit is for the stable advancement of a tunnelling- or shield-driving machine esp. in soft rock or soil and has a sensor for detecting the amount of excavation or mud worked out in unit time from the working face (48) as the shield mantle (10) is advanced. A second sensor determines the amt. of such material conveyed in unit time from the working chamber.

A comparator compares the two values and produces a signal which represents the difference between them. The control unit of drive is regulated so as to adjust the amounts of material being removed so that mining operations can proceed smoothly.

**TITLE-TERMS:** TUNNEL MACHINE CONTROL SOFT ROCK  
SENSE MONITOR QUANTITY MINE REMOVE  
COMPARATOR EXCAVATE CONVEY MATERIAL  
SIGNAL VALUE

**DERWENT-CLASS:** Q49 T06 X25